

Projekts

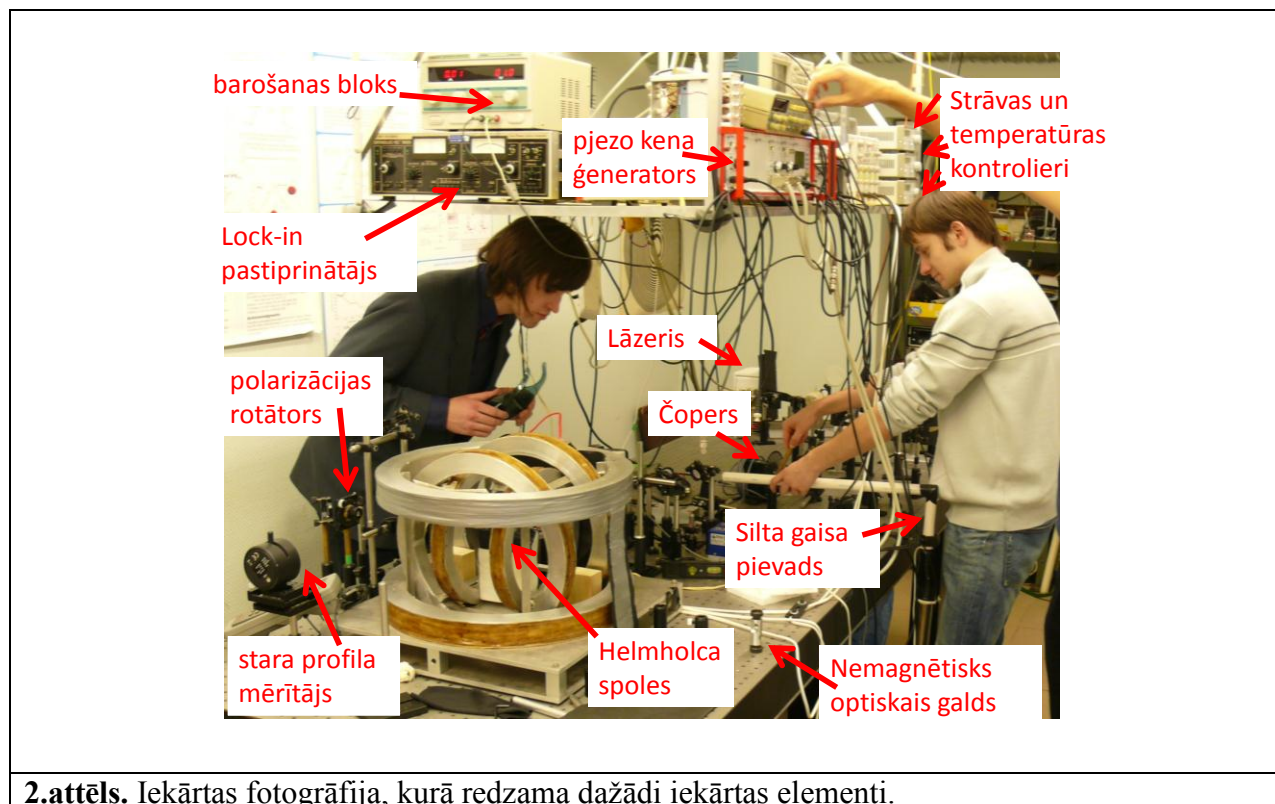
Jauna tehnoloģija magnētiskā lauka un tā gradienta mērīšanai izmantojot nanostrukturētu atomārās gāzes vidi

Nr. 2010/0242/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/036

Laboratorijas iekārtas magnētiskā lauka mērīšanai apraksts

RĪGA 2012.g.

datora un nosaka lāzera frekvenci ar nenoteiktību līdz 60 MHz. Cits stars iet uz paštaisīto absorbcijas spektroskopijas iekārtu. Iegūtie signāli no fotodiodēm FD 1 un FD 2 tiek pastiprināti ar LaseLock moduli ieejas pastiprinātājiem, tā, lai signāliem būtu līdzīgs lielums. Pēc tam signāls no FD 1 tiek atņemts no signāla, ko dod fotodiode FD 2, un rezultāts tiek parādīts oscilogrāfa ekrānā. Tādā veidā ir iespējams kalibrēt viļņu garuma mērītāju. Fotodiodes ir FDS100 fotodiodes no *Thorlabs*.



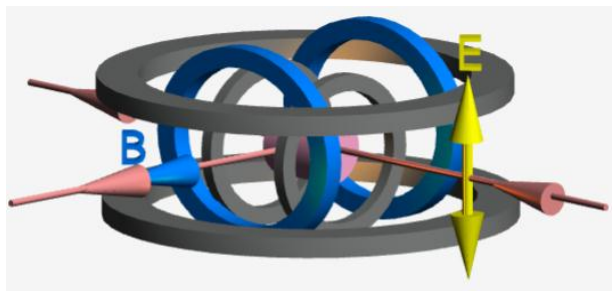
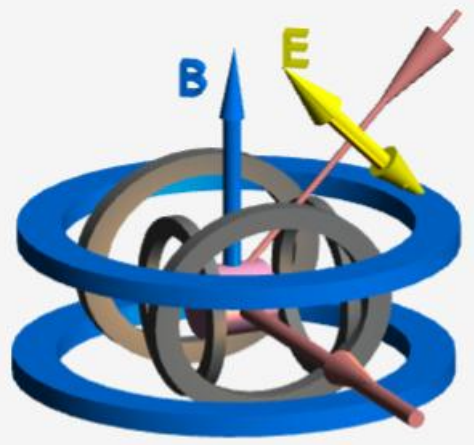
2.attēls. Iekārtas fotogrāfija, kurā redzama dažādi iekārtas elementi.

Galvenais stars tiek laists caur pārtraucēju, kas modulē gaismu ar noteiktu frekvenci. Modulācijas frekvence tiek dota lock-in pastiprinātājiem kā atbalsta frekvence. Starojuma intensitāti var regulēt ar polarizācijas rotatoru PR, pēc kura novietots Glana-Tomsona (Glan-Thomson) polarizators. Pēc polarizatora ir iespējams ievietot $\lambda/4$ platīti, lai iegūtu cirkulāri polarizētu gaismu. Lai mērītu stara profilu, ir iespējams ievietot lokāmu spoguļi. Stara profila mērītājs ir BP104-VIS no *Thorlabs*, un tas nodod rezultātus uz portatīvo datoru, kuru pieslēdz ar USB savienotāju.

Fluorescences šūna ir ievietota 3 asu Helmholca sistēmas vidū. Divas Helmholca spoles izmanto, lai kompensētu Zemes magnētisko lauku. Tās regulē ar vienkāršiem laboratorijas barošanas blokiem. Trešā Helmholca spole skenē magnētisko lauku ar skenējamu barošanas bloku. Tiek izmantoti bipolārais BOP-50-8-M no *Kepco*, lai iegūtu gan pozitīvus, gan negatīvus laukus līdz apmēram 100 G. Lai sasniegtu magnētiskā lauka vērtības līdz 120 G, tiek izmantots *Agilent* N5770A barošanas bloks. Barošanas blokus vada ar analoģu signālu, ko dot funkciju ģenerators vai arī dators kopā ar USB-1208 multifunkcionālo I/O moduli.

Fluorescenci no šūnas ar lēcu fokusē uz polarizējošo stara dalītāju. Tādā veidā viena polarizācijas komponente nonāk vienā fotodiodē, kamēr perpendikulāri polarizētā komponente nonāk otrā fotodiodē. Abas fotodiodes ir *Thorlabs* FDS100 fotodiodes. Signāli no fotodiodēm tiek pastiprināti ar operatīviem pastiprinātājiem (*Roithner* Multiboard), ar atsaistošajiem pastiprinātājiem (MINI MCR-SL-U-U) un ar lock-in pastiprinātājiem (*Ortholoc* SC-9505 un *Ithaca*). Pēc tam signālus reģistrē ar *Agilent* DSO5014A oscilogrāfu.

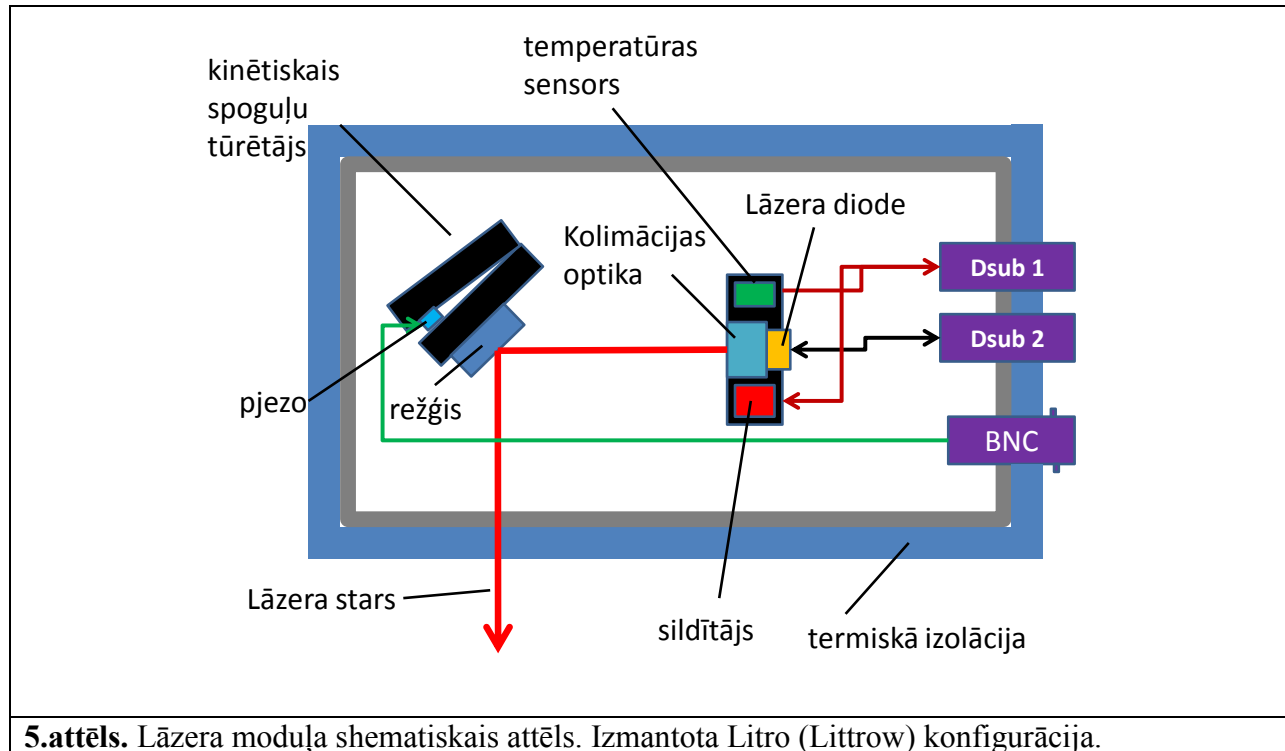
3.attēls un 4.attēls rāda divas ģeometriskās konfigurācijas, kuras tiek izmantotas eksperimentos. Izvēloties vienu vai otro ģeometriju, var attiecīgi pētīt magnētisko apakšlīmeņu krustojumus ar $\Delta m=2$ vai $\Delta m=1$, kur m ir magnētiskā apakšlīmeņa leņķiskā momenta z -komponente.

	
3.attēls. Ģeometrija eksperimentiem ar $\Delta m=2$. Gaismas polarizācijas vektors (E) ir perpendikulārs gan magnētiskā lauka vektoram (B), gan novērošanas virzienam.	4.attēls. Ģeometrija eksperimentiem ar $\Delta m=1$. Gaismas polarizācijas vektors (E) veido 45° leņķi ar magnētiskā lauka vektoru (B) un novērošanas virzienu.

Laboratorijas iekārta dot iespēju sildīt šūnu ar siltu gaisu. Gaiss tiek sasildīts tālu no šūnas, lai izvairītos no maiņstrāvas ietekmes uz šūnu. Izmantojot PVC caurulīti, gaiss tiek piegādāts šūnai.

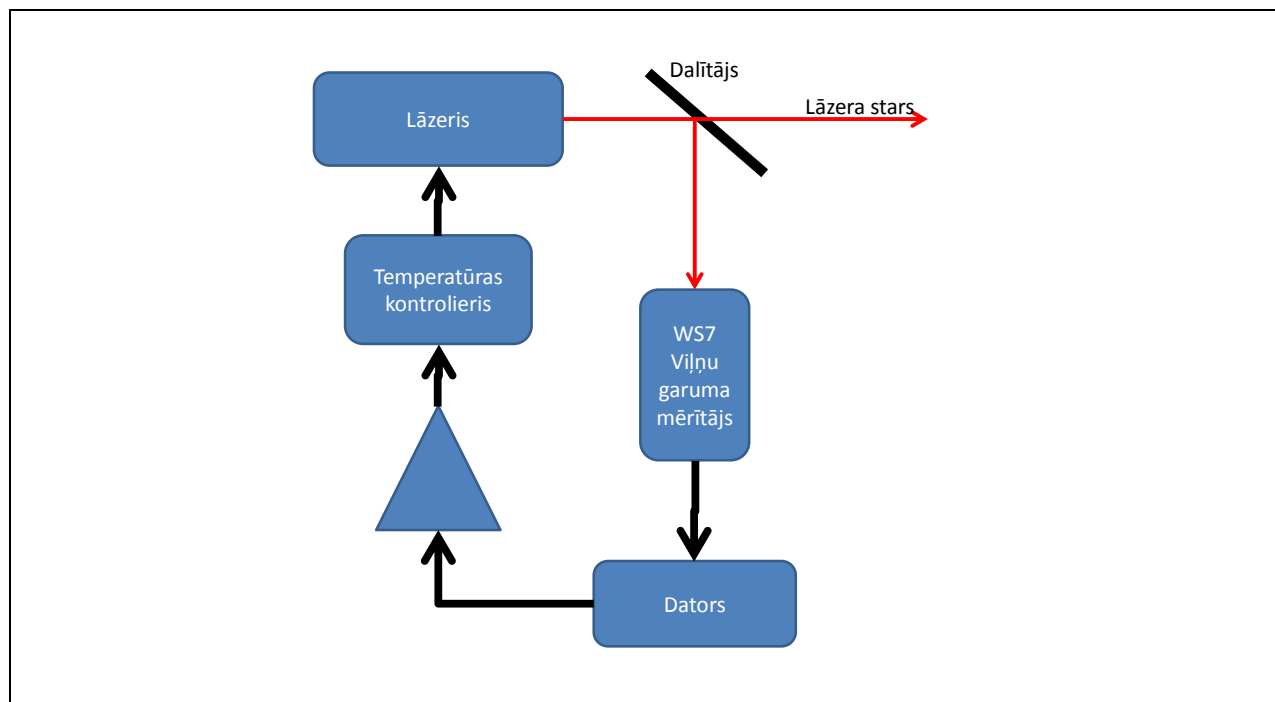
Lāzers

Lāzers ir konkrētās frekvences koherents gaismas avots. Laboratorijas iekārtā tiek izmantoti diožu lāzeri. 5.attēlā shematiski attēlots Lāzeru centrā izgatavots diožu lāzers ar ārēja režģa stabilizēšanu, izmantojot Litro (Littrow) konfigurāciju. Gaismu rada diode, bet diodes iekšējais rezonators ir palielināts, izmantojot ārējo režģi. Tas ļauj iegūt šaurākās un stabilākas lāzera ģenerācijas līnijas. Lāzera frekvence ir ļoti atkarīga no rezonatora lielumu, kas savukārt ir



atkarīgs no temperatūras. Temperatūra tiek pasīvi regulēta, izmantojot metāla konstrukciju ar lielo termisko inerci un putuplasta termisko izolāciju. Aktīvā regulēšana tiek realizēta, izmantojot sildītājus. Viens sildītājs ir montēts tieši uz lāzera diodes turētāja bloka, bet otrs sildītājs ir montēts pašā kastē. Izmantojot termistorus, tiek kontrolēta temperatūras atgriezeniskā saite, lietojot atgriezeniskās saites temperatūras kontrolieri *Thorlabs TDC200*. Viens TDC 200 tiek pieslēgts caur savienotāju DSUB 1. Kastes sildītājs attēlā nav parādīts. Diodes strāvu regulē ar *Thorlabs LDC 205B*, kas ir pievienots caur savienotāju DSUB 2. Lāzera strāva ietekmē gan frekvenci, gan jaudu. Visbeidzot, rezonatora lielumu var mainīt, izmantojot pjezo elementu. Pjezo elements tiek savienots caur BNC savienotāju. Ir pievienots skena ģenerators, kas dot spriegumus starp -5V un 150 V, un mainoties spriegumam, mainās pjezo kristāla izmēri, kas savukārt maina rezonatora izmēru.

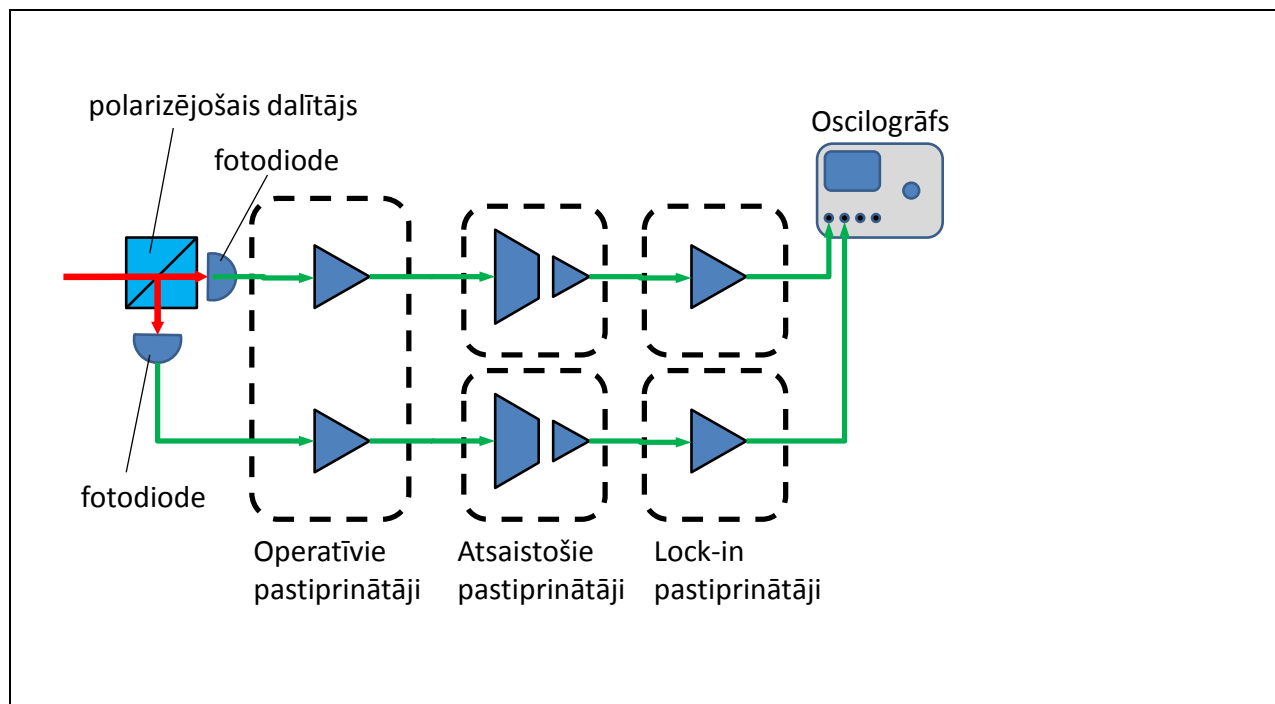
Lai nodrošinātu īpaši stabilu lāzera frekvenci, tiek veidota atgriezeniskā saite starp viļņu garuma mērītāju un lāzera temperatūras kontrolieri, izmantojot datoru ar *Labview* programmu. Atgriezeniskās saites shēma ir parādīta 6.attēlā.



6.attēls. Atgriezeniskās saites lāzera frekvences stabilizēšanai shēma.

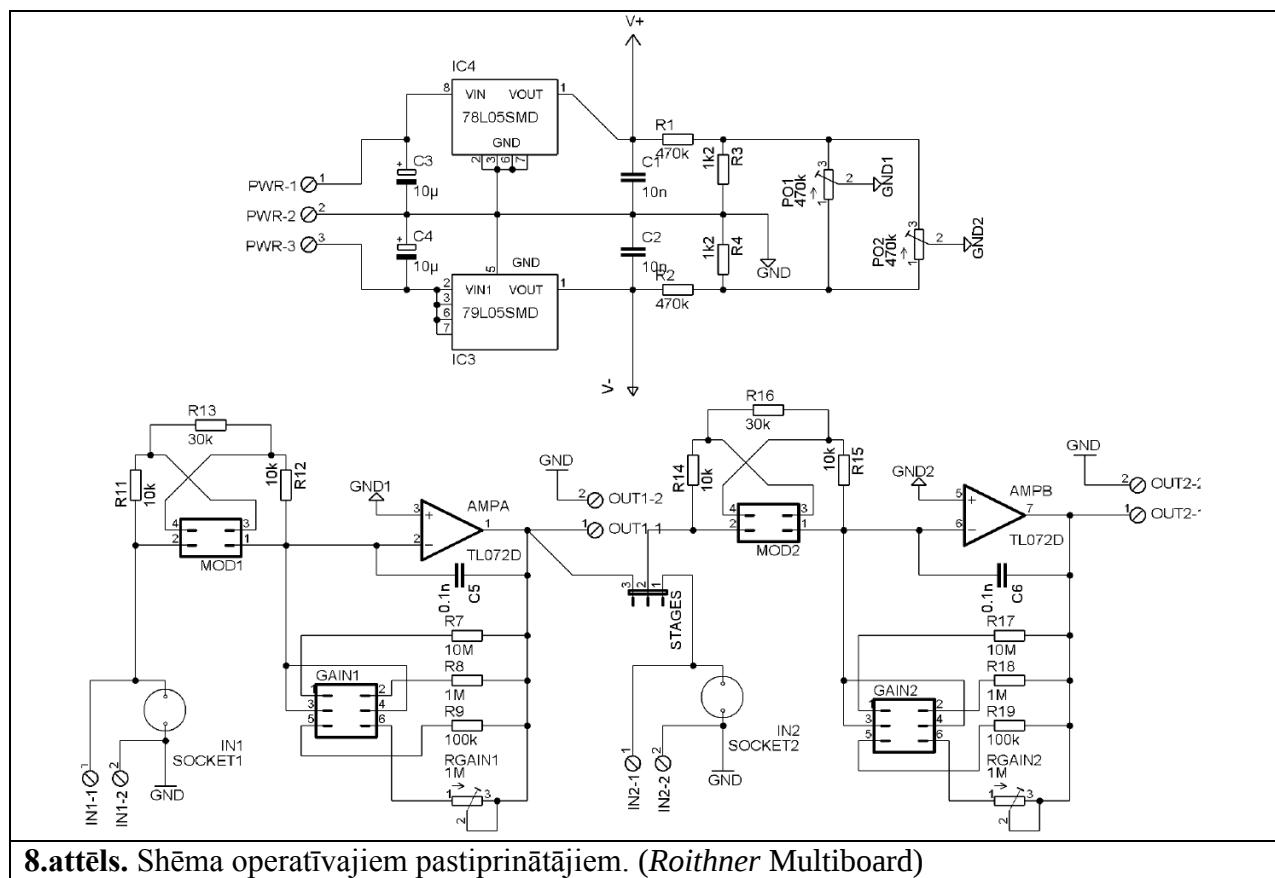
Elektronika

Iegūtais fluorescences signāls ir ļoti vājš, līdz ar to, signālu ķēdei ir lielā nozīmē. Ir nepieciešams pastiprināt signālu un samazināt trokšņus. Signālu ķēde ir attēlota 7.attēlā.



7.attēls. Signālu ķēde.

Fluorescences signāls tiek pārveidots elektriskā strāvā, izmantojot *Thorlabs* FDS100 fotodiodes. Mazā strāva no fotodiodēm tiek pārveidota spriegumā, izmantojot operacionālos pastiprinātājus. Tiek izmantota shēma *Roithner* Multiboard (sk. 8.attēlā). Pēc operacionālajiem pastiprinātājiem



8.attēls. Shēma operatīvajiem pastiprinātājiem. (*Roithner* Multiboard)

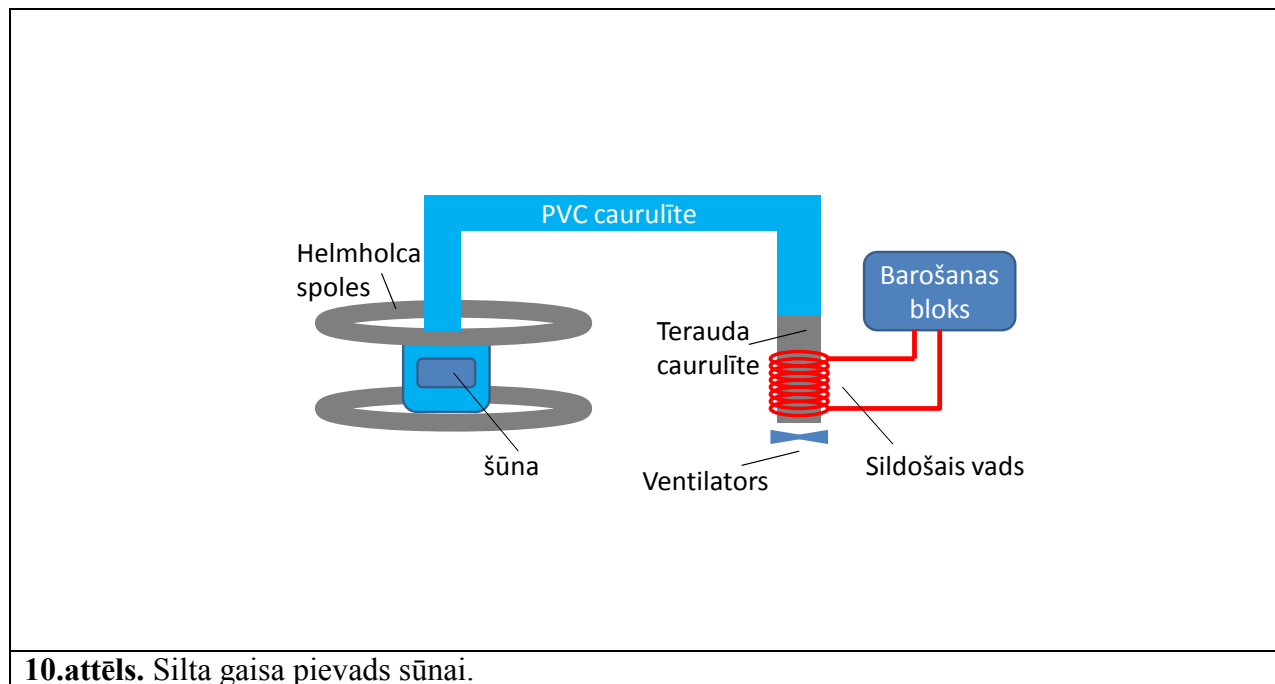
signāls iet caur atsaistošajiem pastiprinātājiem (MINI MCR-SL-U-U), kuriem ir atsevišķs zemējums katrā pusē. Tādējādi tiek samazināts troksnis, kas rodas no nehomogēniem zemējumiem. Pēdējais solis ir lock-in pastiprinātājs. Tiek izmantoti divi lock-in pastiprinātāji (*Ortholoc* SC-9505 un *Ithaca*, sk. 9.attēlā), kas saņem atsaukmes signālu no pārtraucēja. Rezultējošais signāls tiek reģistrēts DSO5014A oscilogrāfā.



9.attēls. *Ortholoc*-SC 9505 lock-in pastiprinātāja fotogrāfija.

Šūnas siltā gaisa pievads

Kad signāli ir īpaši vāji, ir iespējams palielināt fluorescences intensitāti, sildot šūnu. Tam tiek izmantots silta gaisa pievads. Gaisis tiek sildīts tālu no šūnas, lai izvairītos no maiņstrāvas ietekmes uz signāliem. Ventilators pūš gaisu tērauda caurulītē, kas tiek sildīta ar sildītāja vadu vijumu, cauru kuru plūst strāva no barošanas bloka. Pēc tam gaisis iet caur PVC caurulīti un nonāk pie šūnas.



10.attēls. Silta gaisa pievads šūnai.

Kopsavilkums

Izveidotais laboratorijas iekārtas prototips magnētiskā lauka mērīšanai nodrošina iespēju veikt dažāda veida eksperimentus, pētot lāzera starojuma mijiedarbību ar sārmu metālu tvaikiem ārējā magnētiskā laukā ietekmē. Laboratorijas iekārta dod iespēju mainīt dažādus parametrus un elementus, lai piemeklētu optimālus parametrus vai veiktu dažāda rakstura eksperimentus. Izmantojot laboratorijas iekārtu, tika pētīti optimālie parametri magnētiskā lauka un tā gradienta mērījumiem, un pētījumu rezultāti nopublicēti zinātniskajā periodikā.

Projekta zinātniskais vadītājs

Prof. R. Ferbers